

BEST AVAILABLE COPY  
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-152266

(43)Date of publication of application : 23.05.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/042

H01S 5/323

(21)Application number : 2002-334433

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 30.08.1996

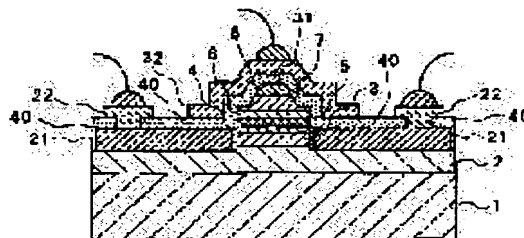
(72)Inventor : SENOO MASAYUKI  
NAKAMURA SHUJI

**(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER DEVICE**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce a threshold voltage and a heat release amount of a laser device so as to enable continuous oscillation at room temperature.

**SOLUTION:** An N electrode is formed over nearly the entire flat surface of an N-type contact layer so as to realize a laser device having a reduced threshold voltage. By forming a thin cap layer having a larger band gap energy than an active layer and a light guide layer adjacent to the active layer, it is possible to obtain a laser device of high output. Furthermore, by arranging the N electrode provided over nearly the entire surface of the N-type contact layer, in a laterally symmetrical manner with the active layer in between, a laser device having a low threshold voltage and a low threshold current can be realized, enabling continuous oscillation.



(11)特許出願公開番号

特開2003-152266

(P2003-152266A)

(43)公開日 平成15年5月23日(2003.5.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

H01S 5/042

**6 1 2**

H01S 5/042

6 1 2

5 F 0 7 3

5/323

610

5/323

610

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2002-334433(P2002-334433)

(62)分割の表示 特願平8-229161の分割

(22)出願日 平成8年8月30日(1996.8.30)

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 發明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

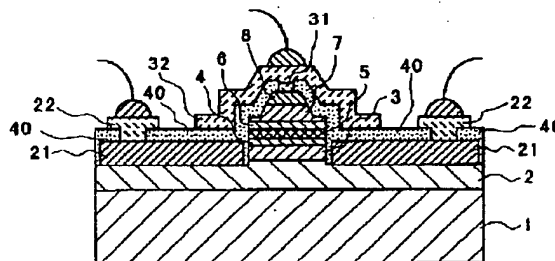
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【目的】 レーザ素子の閾値電圧を低下させ、レーザ素子の発熱量を小さくして、室温での連続発振を目指す。

【構成】 n電極をn型コンタクト層の平面のほぼ全面に形成することにより、閾値電圧が低下したレーザ素子を実現することができる。また、活性層に接して、活性層及び光ガイド層よりもバンドギャップエネルギーが大きいキャップ層が薄く形成されていると、出力の高いレーザ素子が得られる。さらにこの活性層を挟んで、n型コンタクト層のほぼ全面に設けられたn電極を左右対称に配置すると、閾値電圧、閾値電流の低いレーザ素子が可能で、連続発振が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一面側にそれぞれ平面が露出されたp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層とに、それぞれp電極とn電極とが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記n電極はn型窒化物半導体層の平面のほぼ全面に形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記n電極はp電極に対して左右対称に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化物半導体（ $1-x-y$ Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$ ）よりなるレーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】紫外～青色の領域に発光するレーザ素子の材料として窒化物半導体が知られており、本出願人は、最近この材料を用いてパルス電流において、室温での410nmのレーザ発振を発表した（例えば、Jpn.J. Appl. Phys. Vol135 (1996) pp.L74-76）。発表したレーザ素子はいわゆる電極ストライプ型のレーザ素子であり、活性層を含む窒化物半導体層のストライプ幅を数十μmにして、レーザ発振させたものである。このレーザ素子は同一面側に正と負のストライプ状の電極がそれぞれ1個ずつ設けられており、例えば、特開平8-64867号公報に示されたレーザ素子とはほぼ同一の形状を有している。

【0003】レーザ素子、発光ダイオード素子のような窒化物半導体デバイスのp電極及びn電極は、同一面側にある窒化物半導体に形成される。それは、窒化物半導体を成長させるGa<sub>0.5</sub>Nバルク結晶が未だ開発されていないからである。従って、窒化物半導体成長は、サファイア、SiC、ZnO、スピネル（MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>）のような異種材料よりなる基板を用いたヘテロエピタキシャル成長が主流であり、現在実用化されている窒化物半導体LEDは、サファイア基板が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】同一面側から電極を取り出す構造で、窒化物半導体レーザ素子を実現した場合、n電極から活性層に電子が到達するまでのn型コンタクト層による電圧降下が大きいため、発振閾値電圧が高くなる。閾値電圧が高くなると、当然発振時のV<sub>f</sub>（順方向電圧）が高くなり、素子自体の発熱量が大きくなって寿命が極端に悪くなり、連続発振を妨げている。

【0005】連続発振で短波長のレーザ素子の実現されると、既に実用化されているCD、CD-ROM、また実用化直前にあるDVD等の記憶媒体の容量を飛躍的に高めることができるため、その早期実現が望まれている。そのためには、まずレーザ素子の閾値電圧を低下

せる必要がある。

【0006】従って、本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、窒化物半導体よりなるレーザ素子の閾値電圧を低下させ、レーザ素子の発熱量を小さくして、室温での連続発振を目指すことにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】我々は、n型窒化物半導体層（以下、n型層という。）の平面に設けたn電極の面積を大きくすることにより、n型層での電圧降下を抑えて、n型層での電極との接触抵抗を下げることにより、発振閾値電圧が低下することを見出し本発明を成すに至った。即ち、本発明のレーザ素子は、同一面側に平面が露出されたp型窒化物半導体層（以下、p型層という。）とn型層とに、それぞれp電極とn電極とが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記n電極はn型層の平面のほぼ全面に形成されていることを特徴とする。

【0008】さらに、本発明のレーザ素子は、n電極がp電極に対して左右対称に設けられていることを特徴とする。

## 【0009】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係るレーザ素子の一構造を示す模式的な断面図であり、図2は図1のレーザ素子の形状を示す斜視図である。図1はレーザ光の共振方向、つまり、互いに平行に配置されたストライプ状のp電極及びn電極に垂直な方向で、素子を切断した際の断面図を示している。素子自体の基本的な構造としては、基板1の上に、n型コンタクト層2、n型光閉じ込め層3、n型光ガイド層4等のn型層と、活性層5と、p型光ガイド層6、p型光閉じ込め層7、p型コンタクト層8等のp型層が順に積層されたダブルヘテロ構造を有する。

【0010】n電極21は、エッチングにより平面が露出されたn型コンタクト層2のほぼ全面に形成されており、活性層より発するレーザ光の共振方向に平行な方向で、ストライプ状の形状を有している。なお、“ほぼ全面”とは、80%以上のn型コンタクト層2の平面面積を指す。

【0011】本発明のレーザ素子では、p型コンタクト層8より下の窒化物半導体層がストライプ状にエッチングされてn型コンタクト層2が露出されており、その露出されたn型コンタクト2にはストライプ状のn電極21が設けられている。一方、最上層のp型コンタクト層8には同じくストライプ状のp電極31が設けられており、n電極21は、p電極31に対して左右対称に2ヶ所設けられている。このように、ストライプ状のn電極をp電極に対して左右対称に設けることにより、活性層に係る電流の偏りをなくすることができるため、レーザ素子の閾値電圧を低下できる。

【0012】図1および図2において、40は例えば $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、ポリイミド等の透明な絶縁体よりなる保護膜である。この保護膜40を、nパッド電極22が形成されるべきn電極21の平面を除き、及びp電極31の平面を除いて、エッチングにより露出された窒化物半導体層の表面と、n電極21の表面とに渡って形成することにより、電極間のショートを防止すると共に、製造工程中に窒化物半導体層に傷が入ることにより発生する歩留まり低下を防止できる。

【0013】また本発明のレーザ素子では、エッチングにより露出されたストライプ状の窒化物半導体層の端面と、その端面のすぐ横にあるn電極21との距離も重要である。この距離は0.1 $\mu\text{m}$ 以上、50 $\mu\text{m}$ 以下、好ましくは20 $\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは10 $\mu\text{m}$ 以下に調整し、n電極21をできるだけエッチング端面に近づけることが望ましい。その距離が0.1 $\mu\text{m}$ よりも短いと、n電極が活性層、p層に接触しやすくなり、素子の信頼性が低下する傾向にあり、50 $\mu\text{m}$ よりも長いと、閾値電圧の低下が少ない傾向にある。

【0014】一方、p電極31はストライプ状のp型コンタクト層8の表面のほぼ全面に形成されており、このp電極31のストライプに位置に対応した活性層よりレーザ光が発せられる。さらにこのレーザ素子では、活性層よりも上にあるp型層（好ましくは、p型光閉じ込め層7、p型コンタクト層8）をリッジ形状としており、このリッジの下部に相当する活性層に光を集ませ、横モードの光が安定化されてレーザ素子の閾値電流が低下する。p型コンタクト層8のストライプ幅、即ち、リッジ部分のストライプ幅は10 $\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは8 $\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは6 $\mu\text{m}$ 以下に調整することが望ましい。一方、リッジとn型コンタクト層との間にあるエッチングにより端面が露出された窒化物半導体層のストライプ幅は、150 $\mu\text{m}$ 以下、好ましくは100 $\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは50 $\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。150 $\mu\text{m}$ よりも大きいと閾値電圧が上昇しやすい傾向にある。下限値は活性層よりも上にあるリッジのストライプ幅よりも大きくすることは言うまでもない。

【0015】また本発明のレーザ素子ではn電極21の上にnパッド電極22、p電極31の上にpパッド電極32を形成している。これらのパッド電極は、n電極21及びp電極31の上に直接ワイヤーボンディングすることによる電極のはがれを防止している。さらにpパッド電極32はp電極31のストライプ幅がせまく、直接ワイヤーボンディングするのを困難にしているのを容易にする作用がある。さらに本発明のレーザ素子では、nパッド電極22、及びpパッド電極32を、部分的に形成せずに、ストライプ状のn電極21、p電極31のストライプに沿って形成している。このようにパッド電極の面積を大きくすることでも、閾値電圧の低下には有効

である。

【0016】また、サファイア、スピネルのような絶縁性の基板を用いて同一面側から2種類の電極を取り出した構造のレーザ素子では、ヒートシンク、サブマウント等の支持体にボンディングする場合、電極と支持体とが向かい合って、電極をダイレクトにボンディングするフェースダウンボンディングと、基板と支持体とが向かい合って、電極をワイヤーボンディングするフェースアップボンディングと、2種類のボンディング形態があるが、窒化物半導体の場合、フェースアップボンディングの方が、基板面全体がヒートシンクに接しているため、ヒートシンクへの接触面積が大きくなり、放熱性が向上し、素子寿命が長くなる傾向にある。またフェースアップボンディングの方が電極間ショートが少なくなり、素子の信頼性も向上する。

【0017】

【実施例】以下、図1および図2を元にして、MOVPE法により本発明のレーザ素子を作製する方法を述べる。

【0018】サファイア（C面）よりなる基板1を反応容器内にセットし、容器内を水素で十分置換した後、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。基板1にはサファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア、その他、スピネル（ $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ）のような絶縁性の基板を用いた場合、得られるレーザ素子は同一面側にn電極と、p電極が形成された構造となるが、絶縁性基板の他、 $\text{SiC}$ （6H、4H、3Cを含む）、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{GaAs}$ 、 $\text{GaN}$ 等の半導体基板を用い、同一面側にある窒化物半導体層にn電極と、p電極を設ける構造とすることもできる。

【0019】続いて、温度を510℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、基板1上にGaNよりなるバッファ層（図示せず。）を約200オングストロームの膜厚で成長させる。バッファ層はAlN、GaN、AlGaN等が900℃以下の温度で、膜厚数十オングストロームから数百オングストロームの膜厚で成長できる。このバッファ層は、基板と窒化物半導体との格子状数不整合を緩和するために形成されるが、窒化物半導体と格子整合した基板、格子状数の近い基板等を使用する際、また窒化物半導体の成長方法等によっては省略することも可能である。

【0020】バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1030℃まで上昇させる。1030℃になったら、同じく原料ガスにTMG、アンモニア、ドーパントガスにシランガスを用い、Siドーパント型GaNよりなるn型コンタクト層2を4 $\mu\text{m}$ 成長させる。n型コンタクト層2は、n電極を形成して電子を注入する層であり、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x$

+ $y \leq 1$ )で構成することができ、特にGa<sub>1-x</sub>N、AlGa<sub>1-x</sub>N、その中でもSiをドーブしたGa<sub>1-x</sub>Nで構成することにより、キャリア濃度の高い層が得られ、またn電極と好ましいオーミック接触が得られるので、LDの閾値電流を低下させることができる。n電極の材料としてはAl、Ti、W、Cu、Zn、Sn、In等の金属、若しくは合金が好ましいオーミック接触が得られる。n型コンタクト層2の膜厚は特に規定するものではないが、0.5 $\mu$ m $\sim$ 5 $\mu$ m程度で成長させることが望ましい。

【0021】次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMG、TM1(トリメチルインジウム)、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、SiドーブIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるクラック防止層(図示せず。)を500オングストロームの膜厚で成長させる。クラック防止層は、特に図示していないが、Inを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGa<sub>1-x</sub>Nで成長させることにより、次に成長させるn型クラッド層としての光閉じ込め層3を厚膜で成長させることが可能となり、非常に好ましい。LDの場合は光閉じ込め層となる層を、例えば0.1 $\mu$ m以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではGa<sub>1-x</sub>N、AlGa<sub>1-x</sub>N層の上に直接、厚膜のAlGa<sub>1-x</sub>Nを成長させると、後から成長させたAlGa<sub>1-x</sub>Nにクラックが入るので素子作製が困難であったが、クラック防止層を成長させることにより、次に成長させる光閉じ込め層にクラックが入るのを防止することができる。なお、このクラック防止層は100オングストローム以上、0.5 $\mu$ m以下の膜厚で成長させることが好ましい。100オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、0.5 $\mu$ mよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、このクラック防止層は成長方法、成長装置等の条件によっては省略することもできるが、LDを作製する上では成長させることが望ましい。

【0022】次に温度を1050℃にして、原料ガスにTMA(トリメチルアルミニウム)、TMG、アンモニア、SiH<sub>4</sub>を用い、Siドーブn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるn型光閉じ込め層3を0.5 $\mu$ mの膜厚で成長させる。このn型光閉じ込め層はキャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層としてのクラッド層として作用し、Alを含むn型の窒化物半導体、好ましくはAlGa<sub>1-x</sub>Nを、0.1 $\mu$ m以上、2 $\mu$ m以下の膜厚で成長させることが望ましい。

【0023】続いて、Siドーブn型Ga<sub>1-x</sub>Nよりなるn型光ガイド層4を0.2 $\mu$ mの膜厚で成長させる。このn型光ガイド層4は、光ガイド層としてのクラッド層として作用し、Ga<sub>1-x</sub>N若しくはInGa<sub>1-x</sub>Nを、50オングストローム以上、0.5 $\mu$ m以下の膜厚で成長させることが望ましい。

【0024】次に、原料ガスにTMG、TM1、アンモニアを用いて活性層5を成長させる。活性層は温度を8

00℃に保持して、まずノンドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層を25オングストロームの膜厚で成長させる。次にTM1のモル比を変化させるのみで同一温度で、ノンドープIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nよりなる障壁層を50オングストロームの膜厚で成長させる。この操作を2回繰り返す、最後に井戸層を積層した多重量子井戸構造の活性層を成長させる。活性層はInを含む窒化物半導体よりなる井戸層を含むように構成し、好ましくは三元混晶のInGa<sub>1-x</sub>Nよりなる井戸層が望ましい。三元混晶のInGa<sub>1-x</sub>Nは四元混晶のものに比べて結晶性が良い物が得られるので、発光出力が向上する。その中でも、特に好ましくは活性層をInGa<sub>1-x</sub>Nよりなる井戸層と、井戸層よりもバンドギャップの大きい窒化物半導体よりなる障壁層とを積層した多重量子井戸構造(MQW: Multi-quantum-well)とする。障壁層も同様に三元混晶のIn<sub>x'</sub>Ga<sub>1-x'</sub>N(0 $\leq$ x' $<$ 1, x' $<$ x)が好ましく、井戸+障壁+井戸+...+障壁+井戸(その逆でも可)となるように積層してMQWを構成する。このように活性層をInGa<sub>1-x</sub>Nを積層したMQWとすると、量子準位間発光で約365nm $\sim$ 660nm間での高出力なLDを実現することができる。さらに、井戸層の上にInGa<sub>1-x</sub>Nよりなる障壁層を積層すると、InGa<sub>1-x</sub>Nよりなる障壁層はAlGa<sub>1-x</sub>Nに比べて結晶が柔らかい。そのためクラッド層のAlGa<sub>1-x</sub>Nの厚さを厚くできるのでレーザ発振が実現できる。さらに、InGa<sub>1-x</sub>NとAlGa<sub>1-x</sub>Nとは結晶の成長温度が異なる。例えばMOVPE法ではInGa<sub>1-x</sub>Nは600℃ $\sim$ 800℃で成長させるのに対して、AlGa<sub>1-x</sub>Nは900℃より高い温度で成長させる。従って、InGa<sub>1-x</sub>Nよりなる井戸層を成長させた後、AlGa<sub>1-x</sub>Nよりなる障壁層を成長させようとするれば、成長温度を上げてやる必要がある。成長温度を上げると、先に成長させたInGa<sub>1-x</sub>N井戸層が分解してしまうので結晶性の良い井戸層を得ることは難しい。さらに井戸層の膜厚は数十オングストロームしかなく、薄膜の井戸層が分解するとMQWを作製するのが困難となる。それに対し、障壁層もInGa<sub>1-x</sub>Nとすると、井戸層と障壁層が同一温度で成長できる。従って、先に形成した井戸層が分解することがないので結晶性の良いMQWを形成することができる。これはMQWの最も好ましい態様を示したものであるが、他に井戸層をInGa<sub>1-x</sub>N、障壁層をGa<sub>1-x</sub>N、AlGa<sub>1-x</sub>Nのように井戸層よりも障壁層のバンドギャップエネルギーを大きくすればどのような組成でも良い。また活性層を単一の井戸層のみで構成した単一量子井戸構造としても良い。このように、InGa<sub>1-x</sub>Nを井戸層とする量子井戸構造を実現することにより高出力に発光する。この量子井戸構造においてはInGa<sub>1-x</sub>N井戸層において、In組成の不均一があり、In組成のより大きいInGa<sub>1-x</sub>Nポテンシャル底が形成されており、量子箱が形成されている可能性が大である。この場合は量子箱レーザとして発振している。

10

20

30

40

50

【0025】次に温度を1050℃に上げ、TMG、TMA、アンモニア、CP2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、活性層よりもバンドギャップエネルギーが大きい、Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるキャップ層（図示せず。）を300オングストロームの膜厚で成長させる。このキャップ層は、本実施例ではp型としたが、膜厚が薄いため、n型不純物をドープしてキャリアが補償されたi型としても良い。このキャップ層は活性層に接してn型層側に形成しても良く、

10 際厚は0.1μm以下、さらに好ましくは0.05μm（500オングストローム）以下、最も好ましくは300オングストローム以下に調整することが望ましい。なお、n層側に形成する場合、その導電性はn型若しくはi型にすることは言うまでもない。キャップ層を形成することにより、レーザ素子の出力が格段に向上する。

【0026】続いて1050℃で、バンドギャップエネルギーがキャップ層よりも小さい、Mgドープp型GaNよりなるp型光ガイド層6を0.2μmの膜厚で成長させる。この層は、光ガイド層としてのp型クラッド層として作用し、n型光ガイド層4と同じくGaN、In

20 GaNを50オングストローム以上、0.5μm以下の膜厚で成長させることが望ましい。また、この層はp型光閉じ込め層7を成長させる際のバッファ層としても作用する。

【0027】続いて1050℃で、バンドギャップエネルギーがp型光ガイド層6よりも大きい、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるp型光閉じ込め層7を0.5μmの膜厚で成長させる。この層はn型光閉じ込め層4と同じく、キャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層としてのクラッド層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGaNを0.5μm以上、2μm以下の膜厚で成長させることが望ましい。活性層5、キャップ層、p型光ガイド層6、p型光閉じ込め層7についての作用を次に述べる。

【0028】本実施例のLDでは、Inを含む窒化物半導体よりなる活性層に接して、Alを含む窒化物半導体よりなるp型キャップ層が設けられている。つまり活性層5のバンドギャップエネルギーよりも大きく、さらに光ガイド層6よりも大きなバンドギャップエネルギーを有するキャップ層が、活性層に接して設けられている。しかも、キャップ層の膜厚を薄く設定してあるため、キャリアのバリアとして作用することではなく、n層から注入された電子と、p層から注入された正孔とが、トンネル効果によりキャップ層を通り抜けることができ、活性層で効率よく再結合する。そして注入されたキャリアは、キャップ層のバンドギャップエネルギーが大きいため、半導体素子の温度が上昇しても、あるいは注入電流密度が増えても、キャリアは活性層をオーバーフローせず、キャップ層で阻止されるため、キャリアが活性層に貯まり、効率よく発光することが可能となる。従って、

半導体素子が温度上昇しても発光効率が低下することが少ないので、閾値電流、閾値電圧の低いLDを実現することができる。これは、同様にn型層側についても言えることであり、活性層5と、n型光ガイド層4との間に、活性層5、及びn型光ガイド層4のバンドギャップエネルギーよりも大きい、n型若しくはi型の窒化物半導体層を膜厚0.1μm以下、さらに好ましくは0.05μm（500オングストローム）以下、最も好ましくは300オングストローム以下で形成することにより、温度特性に優れたLD素子を実現できる。

【0029】最後に、1050℃でMgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層8を0.5μmの膜厚で成長させる。p型コンタクト層8はp型In<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N（0≤x、0≤y、x+y≤1）で構成することができ、特にInGaN、GaN、その中でもMgをドープしたp型GaNとすると、最もキャリア濃度の高いp型層が得られて、p電極と良好なオーミック接触が得られ、閾値電流を低下させることができる。p電極の材料としてはNi、Pd、Ir、Rh、Pt、Ag、Au等の比較的仕事関数の高い金属又は合金がオーミックが得られやすい。

【0030】反応終了後、温度を室温まで下げ、再度反応容器中、窒素雰囲気中で、700℃でウェーハのアニーリングを行い、全てのp型層をさらに低抵抗化する。

【0031】図3～図5は本実施例の一工程において得られるウェーハの部分的な構造を示す模式断面図であり、図1と同じくストライプ状の電極に垂直な方向で素子を切断した際の図を示している。以下の工程は、これらの図を元に説明する。

30 【0032】以上のようにして窒化物半導体を成長したウェーハを反応容器から取り出し、最上層のp型コンタクト層8の表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE（反応性イオンエッチング）装置にて、n型コンタクト層2の平面が露出するまでエッチングを行う。このエッチングによりn型コンタクト層2より上部に積層されている窒化物半導体層が50μmのストライプ幅を有するストライプ形状で露出される。

40 【0033】次に露出したn型コンタクト層2の全面と、最上層のストライプ状のp型コンタクト層8の一部にマスクを形成して、p型コンタクト層8及びp型光閉じ込め層7を2μmのストライプ幅でエッチングして、リッジ形状とする。これらのエッチング工程により、n電極を形成すべきストライプ状のn型コンタクト層2の平面と、p電極を形成すべき2μm幅のストライプ状のp型コンタクト層が露出される。図3にウェーハの構造を示す。

50 【0034】両コンタクト層を露出させた後、n型コンタクト層2に所定の形状のマスクを形成して、n型コンタクト層のほぼ全面にTiとAlとを含むn電極21を、図4に示すように形成する。但し、n電極21と活

性層のある窒化物半導体層のエッチング端面との距離は  $2\mu\text{m}$  残すものとする。一方、 $2\mu\text{m}$  のストライプ幅の p 型コンタクト層 8 の平面全面にも Ni と Au を含む p 電極 31 を形成する。図 4 は電極形成後のウェーハの構造を示す模式断面図である。なお、n 電極 21 および p 電極 31 がそれぞれのコンタクト層に占める面積は 90 % 以上ある。

【0035】電極形成後、図 5 に示すように n 電極 21 の平面の一部を残し、エッチングにより露出された活性層を含む窒化物半導体層の端面と、n 型電極 21 の平面に渡って、 $\text{SiO}_2$  よりなる保護膜 40 を CVD 法により形成する。

【0036】保護膜 40 形成後、p、n 両オーミック電極上の保護膜 40 を部分的に除去してコンタクトホールを形成し、Au と Ni を含む n パッド電極 22 を保護膜 40 を介して n 電極 21 と電気的に接続するように形成し、同じく p 電極 31 と電気的に接続した Au と Ni よりなる p パッド電極 32 を保護膜 40 の表面に渡って形成する。パッド電極の形状は図 2 に示す通りである。

【0037】以上のようにして作製したウェーハをストライプ状の電極に垂直な方向でバー状に切断し、切断面を研磨して平行鏡を作成した後、平行鏡に  $\text{SiO}_2$  と  $\text{TiO}_2$  よりなる誘電体多層膜を形成する。最後に電極に平行な方向で、バーを切断してレーザチップとした後、チップをヒートシンクにダイボンドし、それぞれのパッド電極にワイヤーボンディングして、常温でレーザ発振を試みたところ、しきい値パルス電流  $100\text{mA}$  において、 $V_f$  は  $6\text{V}$  であり、露出させた n 型コンタクト層の平面の 50 % にあたる面積で n 電極を形成したものに比較して、閾値における電圧が 50 % 以上低下した。さらに、この LD をパルス電流で発振させたところ、寿命は前述の 50 % の面積を有するレーザ素子に比較して、およそ 3 倍に向上した。

【0038】

\*【発明の効果】以上説明したように、n 電極を n 型コンタクト層の平面のほぼ全面に形成することにより、閾値電圧が低下したレーザ素子を実現することができる。また、活性層に接して、活性層及び光ガイド層よりもバンドギャップエネルギーが大きいキャップ層が薄く形成されていると、出力の高いレーザ素子が得られる。さらにこの活性層を挟んで、n 型コンタクト層のほぼ全面に設けられた n 電極を左右対称に配置すると、閾値電圧、閾値電流の低いレーザ素子を実現でき、連続発振が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例に係る窒化物半導体素子の構造を示す模式断面図。

【図 2】 図 1 のレーザ素子の形状を示す斜視図。

【図 3】 本発明の実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

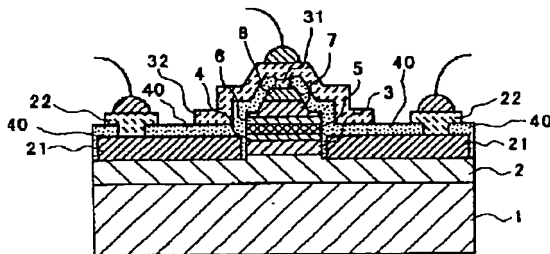
【図 4】 本発明の実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

【図 5】 本発明の実施例において得られる窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

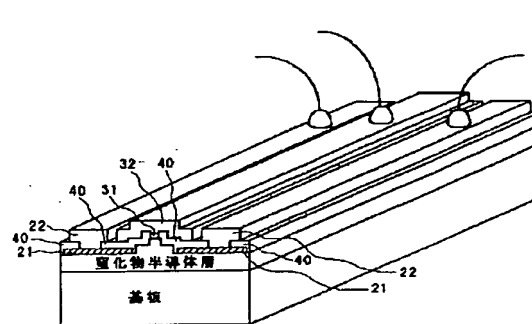
【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・n 型コンタクト層
- 3・・・n 型光ガイド層
- 4・・・n 型光閉じ込め層
- 5・・・活性層
- 6・・・p 型光ガイド層
- 7・・・p 型光閉じ込め層
- 8・・・p 型コンタクト層
- 21・・・n 電極
- 22・・・n パッド電極
- 31・・・p 電極
- 32・・・p パッド電極
- 40・・・保護膜

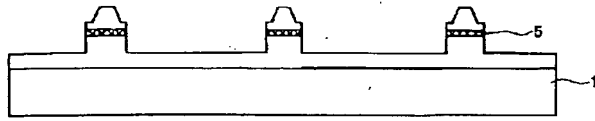
【図 1】



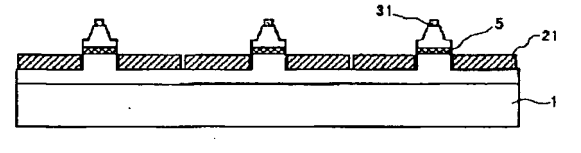
【図 2】



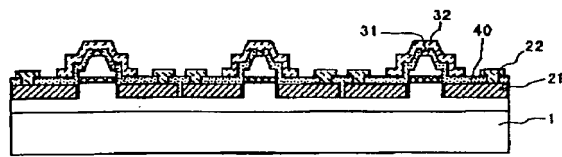
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

F ターム (参考) 5F073 AA13 AA45 AA51 AA55 AA61  
 AA74 AA89 BA04 CA07 CB07  
 CB10 CB19 CB20 CB22 CB23  
 DA05 DA16 DA25 DA30 DA31  
 DA33 EA28 EA29



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成16年9月9日(2004.9.9)

【公開番号】特開2003-152266(P2003-152266A)  
 【公開日】平成15年5月23日(2003.5.23)  
 【出願番号】特願2002-334433(P2002-334433)  
 【国際特許分類第7版】

H 0 1 S 5/042

H 0 1 S 5/323

【F I】

H 0 1 S 5/042 6 1 2

H 0 1 S 5/323 6 1 0

【手続補正書】

【提出日】平成15年8月25日(2003.8.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

エッチングによりn型窒化物半導体層が露出され、同一面側にそれぞれ平面が露出されたp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層とに、それぞれp電極とn電極とが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、

前記n電極はn型窒化物半導体層の平面のほぼ全面に形成され、

前記エッチングにより露出された窒化物半導体層の表面と、前記n電極の表面とに渡って絶縁体よりなる保護膜が形成され、

さらに保護膜を介してn電極と電氣的に接続されたnパッド電極を有していることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】

前記n電極はp電極に対して左右対称に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】

前記n電極とすぐ横にあるエッチングにより露出された窒化物半導体層の端面との距離は $0.1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

我々は、n型窒化物半導体層（以下、n型層という。）の平面に設けたn電極の面積を大きくすることにより、n型層での電圧降下を抑えて、n型層での電極との接触抵抗を下げることにより、発振閾値電圧が低下することを見出し本発明を成すに至った。即ち、エッチングによりn型窒化物半導体層が露出され、同一面側にそれぞれ平面が露出されたp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層とに、それぞれp電極とn電極とが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記n電極はn型窒化物半導体層の平面のほぼ全面

に形成され、前記エッチングにより露出された窒化物半導体層の表面と、前記 n 電極の表面とに渡って絶縁体よりなる保護膜が形成され、さらに保護膜を介して n 電極と電氣的に接続された n パッド電極を有していることを特徴とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

さらに、本発明のレーザ素子は、n 電極は p 電極に対して左右対称に設けられていることを特徴とする。さらに n 電極とすぐ横にあるエッチングにより露出された窒化物半導体層の端面との距離は  $0.1\mu\text{m}$  以上  $50\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする。